

21.07.00 ~~X~~ 2

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT
JP00/4871
4

REC'D 12 SEP 2000

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1999年 7月23日

出願番号

Application Number:

平成11年特許願第209870号

出願人

Applicant (s):

株式会社ニコン

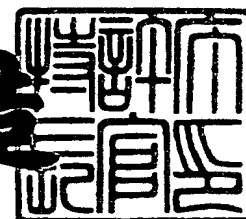
PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 8月25日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3066566

【書類名】 特許願
 【整理番号】 99-00772
 【提出日】 平成11年 7月23日
 【あて先】 特許庁長官殿
 【国際特許分類】 H01L 21/027
 【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン
 内

【氏名】 白石 直正

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代表者】 吉田 庄一郎

【代理人】

【識別番号】 100098165

【弁理士】

【氏名又は名称】 大森 聡

【電話番号】 044-900-8346

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019840

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9115388

【ブルーの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 露光方法及び装置、並びにデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 露光ビームで第 1 物体を照明し、該第 1 物体のパターンを通過した露光ビームで第 2 物体を露光する露光方法において、

前記露光ビームの光路の少なくとも一部を含む空間を密封し、

該密封された空間内に前記露光ビームが透過する所定の気体を第 1 の気圧の近傍まで充填するに際して、

前記密封された空間内の気体を前記第 1 の気圧よりも低い第 2 の気圧の近傍まで減圧する減圧工程と、

前記密封された空間内に前記所定の気体を前記第 1 の気圧と前記第 2 の気圧との間の気圧まで供給する充填工程と

を交互に複数回繰り返すことを特徴とする露光方法。

【請求項 2】 前記露光ビームは、波長が $200\text{ nm} \sim 100\text{ nm}$ の光であり、前記所定の気体は、窒素ガス又は希ガスであると共に、

前記第 1 の気圧は $900\text{ hPa} \sim 1100\text{ hPa}$ の範囲内であり、前記第 2 の気圧は $50\text{ Pa} \sim 10\text{ kPa}$ の範囲内であることを特徴とする請求項 1 記載の露光方法。

【請求項 3】 露光ビームで第 1 物体を照明し、該第 1 物体のパターンを通過した露光ビームで第 2 物体を露光する露光方法において、

前記露光ビームの光路の少なくとも一部を含む空間を密封し、

該密封された空間を前記露光ビームが透過する第 1 の気体で置換する第 1 の工程と、

これに続いて前記密封された空間を前記第 1 の気体と異なる前記露光ビームが透過する第 2 の気体で置換する第 2 の工程と

を含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 4】 前記露光ビームは、波長が $200\text{ nm} \sim 100\text{ nm}$ の光であり、

前記第 2 の気体は前記第 1 の気体よりも前記露光ビームに対する透過率が良好

であることを特徴とする請求項 3 記載の露光方法。

【請求項 5】 露光ビームで第 1 物体を照明し、該第 1 物体のパターンを通過した露光ビームで第 2 物体を露光する露光装置において、

前記露光ビームの光路の少なくとも一部を含む空間を密封する気密室と、

該気密室内に前記露光ビームが透過する所定の気体を供給する気体供給装置とを備え、

前記気体供給装置は、前記所定の気体に含まれる酸素又は水蒸気の少なくとも一方を除去する吸光気体除去フィルタを含む不純物除去フィルタを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 6】 前記不純物除去フィルタは、前記所定の気体に含まれる塵を除去する集塵フィルタと、前記所定の気体に含まれる有機物を除去する有機物除去フィルタとを更に有し、

前記所定の気体が流れる方向に沿って、前記集塵フィルタ、前記有機物除去フィルタ、及び前記吸光気体除去フィルタの順に配置されることを特徴とする請求項 5 記載の露光装置。

【請求項 7】 前記気体供給装置は、前記所定の気体を前記気密室内に送る送風装置、前記所定の気体の温度を制御する温度調整機構を有し、

前記所定の気体が流れる方向に沿って、前記送風装置、前記不純物除去フィルタ、及び前記温度調整機構の順に配置されることを特徴とする請求項 6 記載の露光装置。

【請求項 8】 露光ビームで第 1 物体を照明し、該第 1 物体のパターンを通過した露光ビームで第 2 物体を露光する露光装置において、

前記露光ビームの光路の少なくとも一部を含む空間を密封する気密室と、

該気密室内に前記露光ビームが透過する所定の気体を供給する気体供給装置と

、
前記気密室内の空間に残留する所定の残留気体の濃度を計測する気体濃度計測装置と、

前記気密室内の空間と前記気体濃度計測装置との間の気体の通路を開閉する開閉機構と

を有することを特徴とする露光装置。

【請求項 9】 前記気体濃度計測装置は、酸素又は水蒸気の少なくとも一方の濃度を計測することを特徴とする請求項 8 記載の露光装置。

【請求項 1 0】 露光ビームで第 1 物体を照明し、該第 1 物体のパターンを通過した露光ビームで第 2 物体を露光する露光装置において、

前記露光ビームの光路の少なくとも一部を含む空間を密封する気密室と、

該気密室内に前記露光ビームが透過する所定の気体を供給する気体供給装置と

該気体供給装置による前記所定の気体の供給路中に設けられた開閉自在の遮断弁と、

前記露光装置のメンテナンス時及び緊急時に前記遮断弁を閉じて前記気密室への前記所定の気体の供給を停止させる制御装置とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 1 1】 露光ビームで第 1 物体を照明し、該第 1 物体のパターンを通過した露光ビームで第 2 物体を露光する露光装置において、

前記露光ビームの光路の少なくとも一部を含む空間を密封する気密室と、

該気密室内に前記露光ビームが透過する所定の気体を第 1 の気圧の近傍まで供給する気体供給装置とを備え、

該気体供給装置は、前記気密室内の気体を前記第 1 の気圧よりも低い第 2 の気圧まで減圧する減圧機構と、前記気密室内に前記所定の気体を前記第 1 の気圧と前記第 2 の気圧との間の気圧まで充填する充填機構と、前記減圧と前記充填とを複数回繰り返すように前記減圧機構と前記充填機構とを制御する制御装置とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 1 2】 露光ビームで第 1 物体を照明し、該第 1 物体のパターンを通過した露光ビームで第 2 物体を露光する露光装置において、

前記露光ビームの光路の少なくとも一部を含む空間を密封する気密室と、

前記露光ビームが透過する第 1 の気体を前記気密室内に供給する第 1 の気体供給装置と、

前記第 1 の気体とは種類が異なると共に前記露光ビームが透過する第 2 の気体

を前記気密室内に供給する第2の気体供給装置と、

前記第1及び第2の気体供給装置による気体の供給量を調整する調整装置とを備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項13】 前記調整装置は、前記第1の気体供給装置を駆動して前記気密室内に前記第1の気体を供給した後、前記第2の気体供給装置を駆動して前記気密室内に前記第2の気体を供給することを特徴とする請求項1-2記載の露光装置。

【請求項14】 請求項1～4の何れか一項記載の露光方法を用いてデバイスパターンをワークピース上に転写する工程を含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば半導体集積回路、撮像素子（CCD等）、液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ、又は薄膜磁気ヘッド等のデバイスをリソグラフィ技術を用いて製造する際に、マスクパターンをウエハ等の基板上に転写する工程で使用する露光方法及び装置に関し、特に露光ビームとして真空紫外光（VUV光）を用いる場合に好適なものである。

【0002】

【従来技術】

半導体集積回路等を製造する際に使用される投影露光装置においては、回路の微細化に対応して解像度を高めるために、露光ビームとしての露光光の波長が次第に短波長側にシフトしてきている。現在、露光光としてはKrFエキシマレーザ（波長248nm）が主流となっているが、より短波長の真空紫外域のArFエキシマレーザ（波長193nm）も実用化段階に入りつつある。そして、更に短波長のF₂レーザ（波長157nm）や、Ar₂レーザ（波長126nm）等の、真空紫外域中でも更に波長が短い180nm程度以下の波長帯の露光光を使用する投影露光装置の提案も行われている。

【0003】

そのように波長が180nm程度以下の露光光に対しては、通常の光学ガラス

では透過率が低下してしまい、屈折光学部材及び透過型のフォトマスクとしてのレチクルの基板に使用可能な光学材料は、フッ素等をドーブした石英ガラス (SiO_2) と、蛍石 (CaF_2)、フッ化マグネシウム (MgF_2)、及びフッ化リチウム (LiF) 等の結晶等とに限定される。また、真空紫外域のように波長がほぼ 200 nm 程度以下の露光光は、酸素、水蒸気、及び炭化水素系の気体等（以下、「吸収性ガス」と呼ぶ。）による吸収も極めて大きいため、例えば酸素に関しては、光路中の平均濃度を ppm オーダー程度まで抑える必要がある。そこで、真空紫外光を露光光とする場合には、露光光の光路をほぼ真空とするか、又はその光路上の酸素等の吸収性ガスを含む気体を、吸収の少ない気体で置換する必要がある。なお、露光光の光路の全体をほぼ真空とする場合には、フォトマスクのライブラリや被露光基板としてのウエハの搬送ライン等は空気中にあるため、フォトマスクやウエハの交換を行うための減圧室（予備室）を設ける必要がある。そのため、フォトマスクやウエハの交換時間が長くなり、露光工程のスループットが低下してしまう。そこで、以下では、露光光の光路上の気体を吸収の少ない気体、即ち露光光が透過する気体で置換する場合について考える。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上記の如く露光光として、真空紫外域中でも波長が 180 nm 程度以下の光を使用する投影露光装置においては、光路上での露光光の吸収を抑えてウエハ上で高い照度を得るために、屈折光学部材及びレチクルの基板として所定の吸収の少ない光学材料を使用すると共に、光路上の気体を吸収の少ない気体で置換する必要がある。しかしながら、例えば露光光を吸収する外気が光路上の気体に混入したり、その光路に接する鏡筒の内壁等から露光光を吸収する吸収性ガスを含む脱ガスが発生したりすることによって、その光路上の気体中の吸収性ガスの残留濃度が所定の規格値を超えると、ウエハ（被露光基板）上での露光エネルギーが著しく低下することになる。また、吸収性ガスの残留濃度の時間的変動や光路内の分布ムラによって光路内の露光光の吸収率が変動し、ウエハ上での露光エネルギーが不安定になったり、露光ショット内での照度ムラが生じる恐れもある。

【0005】

また、光路のガス置換に関しては、露光光としての真空紫外光が透過する気体（窒素、希ガス等）を露光中に数時間に亘って継続的にフローする方法や、投影露光装置の光路を密閉する機構に耐圧性を持たせ、始めに光路内をほぼ真空に引いてからその気体を充填する方法が提案されている。しかしながら、前者のようにその気体を継続的にフローする方法では、長時間その気体のフローを行うことになって消費する気体の量が多くなり、運転コストが増大するという不都合がある。特にその気体としてヘリウムのように高価な気体を使用する場合には、投影露光装置の運転コストが大幅に増大する。

【0006】

また、後者のように光路内をいったんほぼ真空として、そこに露光光が透過する気体を充填する方法では、真空に減圧する過程で、光学系の鏡筒等の構成材料から露光光を吸収する不純物が離脱して、それらがレンズやミラーの表面を汚染してしまうという問題がある。

なお、真空引きを行うことなくガス置換を行う場合にも、ガス置換終了後のその露光光が透過する気体が充填した状態（定常状態）において、上記構成材料の表面に吸着している不純物等の脱離は或る程度は生じる。そのため、ガス置換完了後も、光路内の気体を順次所定の割合で循環させる（置換する）ことによって、継続的に不純物を除去する必要がある。

【0007】

本発明は斯かる点に鑑み、露光ビームの少なくとも一部の光路上の気体をその露光ビームが透過する気体で置換する場合に、その置換を安定に行うことができる露光方法を提供することを第1の目的とする。

更に本発明は、露光ビームの少なくとも一部の光路上の気体をその露光ビームが透過する気体で置換する場合に、少ない運転コストでその置換を行うことができる露光方法を提供することを第2の目的とする。

【0008】

更に本発明は、そのような露光方法を容易に、又は効率的に実施できる露光装置を提供することを第3の目的とする。

更に本発明は、その露光方法を用いて高い照明効率で、ひいては高いスループ

ットでデバイスを製造できるデバイス製造方法を提供することを第4の目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明による第1の露光方法は、露光ビームで第1物体(41)を照明し、この第1物体のパターンを通過した露光ビームで第2物体(61)を露光する露光方法において、その露光ビームの光路の少なくとも一部を含む空間(BMU~WST)を密封し、この密封された空間内にその露光ビームが透過する所定の気体を第1の気圧(P1)の近傍まで充填するに際して、その密封された空間内の気体をその第1の気圧よりも低い第2の気圧(P2)の近傍まで減圧する減圧工程と、その密封された空間内にその所定の気体をその第1の気圧とその第2の気圧との間の気圧(P3)まで供給する充填工程とを交互に複数回繰り返すものである。

【0010】

斯かる本発明によれば、その第2の気圧を高真空にすることなく、その減圧工程とその充填工程とを例えば2回以上繰り返すことによって、その空間内に例えば波長が200nm以下の光よりなる露光ビームが透過する気体を高純度で満たすことができる。この際に、その空間内は高真空状態にはならないため、その空間の壁部材等から発生する不純物を含む脱ガスの量は少なくなり、その空間内の気体の置換を安定に行うことができる。

【0011】

この場合、その第1の気圧(P1)は一例として900hPa~1100hPa、即ちほぼ1気圧(大気圧)であり、その第2の気圧(P2)は一例として50Pa~10kPaの範囲内、即ちほぼ0.1~0.001気圧であり、その第2の気圧はそれ程高真空にする必要は無い。

次に、本発明の第2の露光方法は、露光ビームで第1物体(41)を照明し、この第1物体のパターンを通過した露光ビームで第2物体(61)を露光する露光方法において、その露光ビームの光路の少なくとも一部を含む空間(BMU~WST)を密封し、この密封された空間をその露光ビームが透過する第1の気体

で置換する第1の工程と、これに続いてその密封された空間をその第1の気体と異なるその露光ビームが透過する第2の気体で置換する第2の工程とを含むものである。

【0012】

斯かる本発明によれば、その空間内の気体をその露光ビームが透過する気体で置換する際に、その第2の気体の使用量を減らすことができる。従って、一例としてその第2の気体としてその第1の気体よりも高価であるが、その第1の気体よりもその露光ビームに対する透過率が良好である気体を用いることによって、運転コストを低減できる。

【0013】

次に、本発明の第1の露光装置は、露光ビームで第1物体(41)を照明し、この第1物体のパターンを通過した露光ビームで第2物体(61)を露光する露光装置において、その露光ビームの光路の少なくとも一部を含む空間(BMU~WST)を密封する気密室(2~6)と、この気密室内にその露光ビームが透過する所定の気体を供給する気体供給装置(S2~S6)とを備え、その気体供給装置は、その所定の気体に含まれる酸素又は水蒸気の少なくとも一方を除去する吸気体除去フィルタ(15)を含む不純物除去フィルタを有するものである。

【0014】

この露光装置を用いて、例えば上記の露光方法によって気体の置換が行われた後の気密室内の気体を循環させることによって、その気密室内の気体を高純度の状態に維持できる。

また、本発明の第2の露光装置は、露光ビームで第1物体を照明し、この第1物体のパターンを通過した露光ビームで第2物体を露光する露光装置において、その露光ビームの光路の少なくとも一部を含む空間(BMU~WST)を密封する気密室(2~6)と、この気密室内にその露光ビームが透過する所定の気体を供給する気体供給装置(S2~S6)と、その気密室内の空間に残留する所定の残留気体の濃度を計測する気体濃度計測装置(112)と、その気密室内の空間とその気体濃度計測装置との間の気体の通路を開閉する開閉機構(V13, V14)とを有するものである。

【0 0 1 5】

斯かる第 2 の露光装置によれば、その空間内の気体の交換を行うために、その空間内の気圧を低くするような場合に、その開閉機構を閉じてその気体濃度計測装置とその空間とを切り離すことによって、その気体濃度計測装置を保護することができる。従って、上記の本発明の露光方法を実施する際に気密室内の気体濃度を安定的に計測することができる。

【0 0 1 6】

また、本発明による第 3 の露光装置は、露光ビームで第 1 物体を照明し、この第 1 物体のパターンを通過した露光ビームで第 2 物体を露光する露光装置において、その露光ビームの光路の少なくとも一部を含む空間（BMU～WST）を密封する気密室（2～6）と、この気密室内にその露光ビームが透過する所定の気体を供給する気体供給装置（S2～S6）と、この気体供給装置によるその所定の気体の供給路中に設けられた開閉自在の遮断弁（V12，V1）と、その露光装置のメンテナンス時及び緊急時にその遮断弁を閉じてその気密室へのその所定の気体の供給を停止させる制御装置（17，18）とを有するものである。斯かる露光装置によれば、メンテナンス時及び緊急時にその遮断弁を閉じて、その気密室内に外気を導入して所定の作業を行った後に、再びその遮断弁を開くことによって、その気密室内に短時間でその露光ビームが透過する気体を充填することができる。従って、本発明の露光方法を効率的に実施することができる。

【0 0 1 7】

また、本発明の第 4 の露光装置は、露光ビームで第 1 物体を照明し、該第 1 物体のパターンを通過した露光ビームで第 2 物体を露光する露光装置において、その露光ビームの光路の少なくとも一部を含む空間を密封する気密室と、この気密室内にその露光ビームが透過する所定の気体を第 1 の気圧の近傍まで供給する気体供給装置とを備え、この気体供給装置は、その気密室内の気体をその第 1 の気圧よりも低い第 2 の気圧まで減圧する減圧機構と、その気密室内にその所定の気体をその第 1 の気圧とその第 2 の気圧との間の気圧まで充填する充填機構と、その減圧とその充填とを複数回繰り返すようにその減圧機構とその充填機構とを制御する制御装置とを有するものである。

【0018】

また、本発明の第5の露光装置は、露光ビームで第1物体を照明し、該第1物体のパターンを通過した露光ビームで第2物体を露光する露光装置において、その露光ビームの光路の少なくとも一部を含む空間を密封する気密室と、その露光ビームが透過する第1の気体をその気密室内に供給する第1の気体供給装置と、その第1の気体とは種類が異なると共にその露光ビームが透過する第2の気体をその気密室内に供給する第2の気体供給装置と、その第1及び第2の気体供給装置による気体の供給量を調整する調整装置とを備えたものである。

【0019】

これらの第4及び第5の露光装置によって、それぞれ本発明の第1及び第2の露光方法を実施することができる。

次に、本発明のデバイス製造方法は、本発明の露光方法を用いてデバイスパターンをワークピース(61)上に転写する工程を含むものである。本発明の露光方法の使用によって露光ビームの光路の透過率が高く維持されて、そのワークピース上での露光ビームの照度(露光エネルギー)が高く維持されるため、露光工程のスループットが向上し、デバイスを高いスループットで生産できる。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態の一例につき図面を参照して説明する。本例は、露光ビームとして波長が200nm程度以下の光、即ちほぼ真空紫外光(VUV光)とみなすことができる光を使用する投影露光装置で露光を行う場合に本発明を適用したものである。

【0021】

図1は本例の投影露光装置を示す概略構成図であり、この図1において、露光光源1として発振波長が157nmのF₂レーザ(フッ素レーザ)が使用されている。ただし、露光光源1としては、波長146nmのKr₂レーザ(クリプトンダイマーレーザ)、波長126nmのAr₂レーザ(アルゴンダイマーレーザ)、又はYAGレーザの高調波発生装置や半導体レーザの高調波発生装置などの他の真空紫外光を発生する光源を使用することができる。露光光源1から発せら

れた露光ビームとしての紫外レーザビームよりなる露光光 I L は、ビームマッチングユニット BMU、及び照明光学系 I L U を介してマスクとしてのレチクル 41 を照明する。レチクル 41 を通過した露光光 I L は、投影光学系 P L を介して被露光基板としてのウエハ (wafer) 61 上に、レチクル 41 のパターンの縮小像を形成する。レチクル 41 及びウエハ 61 がそれぞれ本発明の第 1 物体及び第 2 物体に対応している。以下、投影光学系 P L の光軸 A X に平行に Z 軸を取り、Z 軸に垂直な平面内で図 1 の紙面に平行に X 軸を、図 1 の紙面に垂直に Y 軸を取って説明する。

【0022】

まずビームマッチングユニット BMU において、露光光源 1 からの露光光 I L は、リレーレンズ 21、光路折り曲げ用のミラー 22、リレーレンズ 23、リレーレンズ 24 を経て照明光学系 I L U に向かう。そして、照明光学系 I L U において、ビームマッチングユニット BMU からの露光光 I L は、オプティカル・インテグレータ (ホモジナイザー) としてのフライアイレンズ 31 に入射する。フライアイレンズ 31 の射出面には照明系の開口絞り (σ 絞り) 32 が配置されている。なお、フライアイレンズ 31 の代わりにロッドレンズを使用してもよい。

【0023】

開口絞り 32 を通過した露光光 I L は、リレーレンズ 32、光路折り曲げ用のミラー 34、リレーレンズ 35 を経て視野絞り (レチクルブラインド) 36 に至り、視野絞り 36 を通過した露光光 I L は、コンデンサレンズ 37、光路折り曲げ用のミラー 38、及びコンデンサレンズ 39 を介してレチクル 41 を照明する。上記のビームマッチングユニット BMU、及び照明光学系 I L U は、それぞれ気密性の高い、かつ所定の耐圧性を有する箱状の第 1 の気密ユニット 2 及び第 2 の気密ユニット 3 内に外気から隔離された状態で密封されている。

【0024】

また、レチクル 41 はレチクルステージ 42 上に真空吸着等によって保持され、レチクルステージ 42 はレチクルベース 43 上を X 方向に連続移動 (走査) 自在に、かつ X 方向、Y 方向、回転方向に微動できるように載置されている。レチクルステージ 42 の X 方向、Y 方向の位置、及び 3 軸の回りの回転角は不図示の

レーザ干渉計によって計測され、この計測値及び不図示の装置全体の動作を統轄制御する主制御系からの制御情報に基づいて、不図示のレチクルステージ駆動系がレチクルステージ42の動作を制御する。レチクルステージ42及びレチクルベース43よりレチクルステージ系RSTが構成され、レチクルステージ系RSTは、気密性の高い隔壁よりなる箱状のレチクルステージ室4で外気から隔離されるように覆われている。レチクルステージ室4は、第3の気密ユニット4とも呼ぶことができる。

【0025】

そして、レチクル41を通過した露光光ILは、レチクル41上の照明領域内のパターンを投影光学系PLを介して投影倍率 β (β は例えば $1/4$, $1/5$, $1/6$ 等)で縮小した像をウエハ61上に露光する。投影光学系PLは、光軸AXに沿ってレチクル41側から順にレンズ系51, 52, 53, 54を配置して構成されている。ウエハ61上にはフォトリソスト(感光材料)が塗布されており、ウエハ61は例えば半導体(シリコン等)又はSOI(silicon on insulator)等からなる円板状の基板である。また、投影光学系PLは、気密性が高く、かつ高い耐圧性を有する鏡筒5内に外気から隔離された状態で収納されており、鏡筒5は第4の気密ユニットとも呼ぶことができる。

【0026】

一方、ウエハ61は、ウエハホルダ62上に真空吸着等によって保持され、ウエハホルダ62はウエハステージ63上に固定され、ウエハステージ63は不図示のウエハベース上にX方向に連続移動(走査)自在に、かつX方向及びY方向にステップ移動自在に載置されている。ウエハステージ63のX方向、Y方向の位置、及び3軸の回りの回転角(ヨーイング量、ピッチング量、ローリング量)は不図示のレーザ干渉計によって計測され、この計測値及び不図示の主制御系からの制御情報に基づいて、不図示のウエハステージ駆動系がウエハステージ63の動作を制御する。更に、ウエハステージ63は、不図示のオートフォーカスセンサの計測値に基づいてウエハ61の表面を投影光学系PLの像面に合焦させる。ウエハホルダ62、ウエハステージ63及びウエハベース(不図示)等よりウエハステージ系WSTが構成され、ウエハステージ系WSTは、気密性の高い隔

壁よりなる箱状のウェハステージ室 6 で外気から隔離されるように覆われている。ウェハステージ室 6 は、第 5 の気密ユニット 4 と呼ぶことができる。

【0027】

露光時には、レチクル 41 を X 方向に一定速度 V_R で走査するのに同期して、ウェハ 61 上の一つのショット領域を X 方向に一定速度 $\beta \cdot V_R$ (β は投影光学系 PL の投影倍率) で走査する動作と、次のショット領域を走査開始位置に移動するためにウェハ 61 をステップ移動する動作とがステップ・アンド・スキャン方式で繰り返されて、ウェハ 61 上の全部のショット領域への露光が行われる。このように本例の投影露光装置は走査露光方式であるが、ステッパーのような一括露光型の投影露光装置にも本発明が適用できることは言うまでも無い。

【0028】

さて、本例のように真空紫外域の光を露光光 IL とする場合には、その光路からその露光光 IL に対する吸収率の大きい（即ち、透過率の低い）物質、即ち酸素、水蒸気、及び炭化水素系の気体等の「吸収性ガス」を排除する必要がある。そこで本例の投影露光装置では、その光路上に、露光光 IL が透過する気体、即ち真空紫外域の光に対する吸収率の低い気体（以下、「低吸収性ガス」と呼ぶ。）を供給する気体供給装置を備えている。低吸収性ガスとして本例では、いわゆる不活性ガス、即ち窒素ガス (N_2) 又はヘリウム (He)、ネオン (Ne)、アルゴン (Ar)、クリプトン (Kr)、キセノン (Xe)、若しくはラドン (Rn) よりなる希ガスを使用する。更に、その低吸収性ガスとして、2 種類以上の不活性ガスの混合気体を用いてもよい。

【0029】

ここで本例の気体供給機構につき説明する。図 1 において、本例の投影露光装置の第 1 の気密ユニット 2 の上部、及び第 2 の気密ユニット 3、レチクルステージ室 4、投影光学系 PL の鏡筒 5、及びウェハステージ室 6 は、半導体製造工場の内部の或るクリーンルーム内に設置されており、露光光源 1 及び第 1 の気密ユニット 2 の下部は例えばそのクリーンルームの階下の機械室に設置されている。そして、その機械室内に、真空紫外域の光が透過する第 1 の低吸収性ガス GA を発生する第 1 の気体源（不図示）と、第 1 の低吸収性ガス GA とは異なる真空紫

外域の光が透過する第2の低吸収性ガスGBを発生する第2の気体源（不図示）とが設置されている。そして、第1の低吸収性ガスGA及び第2の低吸収性ガスGBはそれぞれ第1の配管9A及び第2の配管9Bを介して、ガス置換ユニットS2, S3, S4, S5, S6に供給されている。ガス置換ユニットS2, S3, S4, S5及びS6は、それぞれ給気管 S_{in} 及び排気管 S_{en} ($n=2\sim6$)を介してビームマッチングユニットBMUを囲む第1の気密ユニット2、照明光学系ILUを囲む第2の気密ユニット3、レチクルステージ系RSTを囲むレチクルステージ室4、投影光学系PLを囲む鏡筒5、及びウエハステージ系WSTを囲むウエハステージ室6に接続され、ガス置換ユニットS2～S6はそれぞれ対応する気密ユニット（気密ユニット2～ウエハステージ室6）内の気体の置換を行う。

【0030】

本例では一例として、その第1の低吸収性ガスGAとしては、窒素ガスを使用し、その第2の低吸収性ガスGBとしては、ヘリウム、又はネオンの希ガスを使用する。この場合、上記の各気体の屈折率（D線に関する値）はそれぞれ次のようになる。

窒素 (N_2) : 1.000297

ネオン (Ne) : 1.000067

ヘリウム (He) : 1.000035

また、上記の各気体の0℃における熱伝導率はそれぞれ次のようになる。

【0031】

窒素 : 2.40

ネオン : 4.65

ヘリウム : 14.22

【0032】

以上から分かるように、第2の低吸収性ガスGB（希ガス）は、第1の低吸収性ガスGA（窒素）に比べて屈折率が小さく、気圧変動等に対する屈折率の変動量も小さいため、投影光学系PLの結像特性等が安定する利点がある。更に第2の低吸収性ガスGBは、第1の低吸収性ガスGAに比べて熱伝導率が良好で放熱

効果が良好であるため、内部の光学部材等の温度の安定性にも優れている。しかしながら、第2の低吸収性ガスGBは現状では第1の低吸収性ガスGAに比べて高価であるため、露光装置の運転コストを低減するためには第2の低吸収性ガスGBの消費量を低減することが望ましい。そこで、第1の運用方法として、例えば第1の気密ユニット2、第2の気密ユニット3、レチクルステージ室4、及びウエハステージ室6のように内部の空間の体積が大きいが、結像特性にはあまり影響しない部分には安価な第1の低吸収性ガスGAを主に供給し、投影光学系PLの鏡筒5の内部のように内部の空間の体積はあまり大きくないが、高い結像特性を維持する必要のある部分には高性能の第2の低吸収性ガスGBを主に供給するようにしてもよい。これによって、運転コストを抑えて高い結像特性が得られる。

【0033】

また、第2の運用方法として、例えば気密ユニット2、3、レチクルステージ室4、投影光学系PLの鏡筒5、及びウエハステージ室6の全部、又は何れかにおいて、最初に内部の気体を安価な第1の低吸収性ガスGAでほぼ置換した後、高性能の第2の低吸収性ガスGBで置換するようにしてもよい。この場合、第1の低吸収性ガスGAが或る程度残留しても、露光光ILの透過率には殆ど影響しないため、第2の低吸収性ガスGAの置換はそれ程厳密に行う必要は無い。これによって、最初から第2の低吸収性ガスGBで置換を行う場合に比べて、第2の低吸収性ガスGBの使用量を減らすことができ、運転コストを抑えて高い結像特性が得られる。

【0034】

更に、第3の運用方法として、例えば気密ユニット2、3、レチクルステージ室4、投影光学系PLの鏡筒5、及びウエハステージ室6の全部、又は何れかにおいて、安価な第1の低吸収性ガスGAと高性能の第2の低吸収性ガスGBとを所定の割合で混合した気体で置換するようにしてもよい。この方法でも、第2の低吸収性ガスGBの消費量を抑えて比較的高い結像性能等を得ることができる。

【0035】

また、ガス置換ユニットS2～S6には、排気用の配管9C1又は9C2を介

して真空ポンプ等を含む吸気装置 7 が接続され、吸気装置 7 によってガス置換ユニット S 2 ～ S 6 からの吸収性ガス等を含む気体を排気できるように構成されている。また、吸気装置 7 によって排気された気体 G C は、配管 9 D を介して本例の投影露光装置が設置されている半導体工場内の排気用配管（不図示）等に排気され、塵や化学物質等の除去が行われる。なお、低吸収性ガスを有効利用するために、吸気装置 7 によって排気された気体 G C から高純度の低吸収性ガスを分離し、このように分離された低吸収性ガスを再び配管 9 A, 9 B に戻して再利用するようにしてもよい。特に、再利用される低吸収性ガスをレチクルステージ室 4 及びウエハステージ室 6 に供給し、気密ユニット 2, 3 及び投影光学系 P L の鏡筒 5 には上記の第 1 又は第 2 の気体源から供給された高純度の低吸収性ガスを供給するようにしてもよい。これによって、運転コストを更に低くして露光光の強度を高く維持できる。

【0036】

続いて図 2 を参照して、各ガス置換ユニット S 2 ～ S 6 の詳細な構成及び動作について説明する。各ガス置換ユニット S 2 ～ S 6 の構成は、気体の流量等を除けば互いに同一であるため、それらの内から任意に選択された一つのガス置換ユニット S（S 2 ～ S 6 の何れか）につき説明する。また、ガス置換ユニット S によってガス置換が行われる気密ユニット（気密ユニット 2 ～ ウエハステージ室 6 の何れか）を気密ユニット 8 とする。

【0037】

図 2 はガス置換ユニット S 及び対応する気密ユニット 8 を示し、この図 2 において、投影露光装置の露光光の光路の一部を含む気密ユニット 8 とガス置換ユニット S とは、例えば特殊なステンレススチール製の給気管 S i 及び排気管 S e を介して接続されている。気密ユニット 8 は、前述の通り気密構造を有し、給気管 S i より供給される低吸収性ガスはそのほぼ全てが排気管 S e より排気される。給気管 S i 及び排気管 S e の途中には、それぞれ開閉自在のバルブ V 1 2 及び V 1 が設置されている。

【0038】

まず始めに、気密ユニット 8 内のガス置換を行う際の基本的な動作について説

明しながら、ガス置換ユニット S の構成につき説明する。

即ち、不図示の気体源から配管 9 A, 9 B に供給された低吸収性ガス G A, G B は、それぞれ開閉自在のバルブ V 9, V 10 を経て共通の開閉自在のバルブ V 11 を経て温度コントローラ 16 の流入口に至る。バルブ V 11 を開いてバルブ V 9, V 10 の開閉制御を行うことによって、低吸収性ガス G A、低吸収性ガス G B、又はこれらの混合気体の何れかを温度コントローラ 16 に供給することができる。また、バルブ V 11 を閉じることで、配管 9 A, 9 B からの低吸収性ガス G A, G B の供給を停止することもできる。温度コントローラ 16 の流入口には別の開閉自在のバルブ V 7 が装着された配管も接続されている。このとき、バルブ V 7 が閉じられて、バルブ V 12, V 11 が開かれて、温度コントローラ 16 にて所定温度に温度制御された低吸収性ガスは、流出口及び給気管 S i を経て気密ユニット 8 内に供給される。

【0039】

始めに気密ユニット 8 内に空気が残存している場合には、気密ユニット 8 内への上記低吸収性ガスの流入に伴って、気密ユニット 8 中の空気は押し出されて、排気管 S e を経て残留ガス用の濃度計 11 A の流入口に排気される。濃度計 11 A の流出口には開閉自在のバルブ V 2 及び V 3 が装着された配管が接続され、バルブ V 2 が装着された配管は送風ポンプ 12 に接続され、バルブ V 3 が装着された配管は排気用の配管 9 C (図 1 の配管 9 C 1, 9 C 2 に対応する) を介して吸気装置 7 に接続されている。また、送風ポンプ 12 は、防塵フィルタ 13、ケミカルフィルタ 14、吸収性ガス除去フィルタ 15、及び残留ガス用の濃度計 11 B を介して開閉自在のバルブ V 8 が装着された配管、及びバルブ V 7 が装着された配管に接続され、バルブ V 8 が装着された配管は排気用の配管 9 C を介して吸気装置 7 に接続されている。更に、送風ポンプ 12 の流入口には、開閉自在のバルブ V 4 が装着された配管も接続され、この配管はそれぞれ開閉自在のバルブ V 5 及び V 6 を介して配管 9 A 及び 9 B に接続されている。

【0040】

濃度計 11 A, 11 B はそれぞれ例えば酸素濃度計と水蒸気の濃度計としての湿度計 (又は露点計も使用できる) とを組み合わせたセンサであり、濃度計 11

A, 11 Bはそれぞれ内部を通過する気体中の吸収性ガス（ここでは例えば酸素及び水蒸気）の濃度を計測し、計測結果をマイクロコンピュータよりなる制御装置 17 に供給する。ただし、本例では、第 1 の低吸収性ガス G A で置換を行った後に、第 2 の低吸収性ガス G B で置換を行うため、濃度計 11 A, 11 B には第 1 の低吸収性ガス G A（窒素ガス）の濃度センサも組み込まれている。制御装置 17 は、吸収性ガス及び第 1 の低吸収性ガス G A の濃度の計測値及び主制御系 18 からの制御情報に基づいてバルブ V 1 ~ V 12 の開閉の制御を行う。

【0041】

本例では、基本的な動作としてバルブ V 2 を閉じ、バルブ V 3 を開けて、濃度計 11 A を通過して排気された空気を、配管 9 C を介して吸気装置 7 によって排気する。上記ガスフローを数分から数時間継続することで、気密ユニット 8 内の残留空気、特に真空紫外光に対して強い吸収性を有する酸素や水蒸気の残留濃度を、ppm オーダーに低下させることができる。

【0042】

ところで、気密ユニット 8 内を置換する低吸収性ガスの種類としては、光路を光学的に安定化させる目的で、屈折率の圧力変化特性、及び温度変化特性の小さな気体が好ましく、また、及び光学系（レンズ、ミラー）の冷却効果の点で、熱伝導率の大きい低分子量の気体が好ましい。そして、この両方の要求を満たす気体として、最も好ましい気体はヘリウムであり、ネオン、アルゴン等の他の希ガスも適している。しかしながら、ヘリウム等の希ガスは高価であるため、上記のような継続的フローにより大量の気体を消費することは、運転コストが上昇するために好ましくない。

【0043】

そこで本例では、始めに価格の安い第 1 の低吸収性ガス G A（窒素ガス）によるガスフローを行い、気密ユニット 8 内の吸収性ガスを殆ど排気した後に、高性能な第 2 の低吸収性ガス G B（希ガス、望ましくはヘリウム）でのフローに切り替えて、気密ユニット 8 内に希ガスを充填する方式を採用する。この場合、窒素は露光光に対する吸収性が小さいので、希ガスでの置換後に、窒素が数%のオーダーで残存していても、露光光束に悪影響を与えることはない。したがって、希

ガスでの置換に必要な高価な希ガスの使用量を大幅に節約することが可能となり、運用上での気体のコストを大幅に削減することが可能となる。

【0044】

具体的な方法としては、まず、図5のステップ201において、図2中のバルブV9、V11、V12、V1、V3を開け、バルブV10、V7、V2を閉めて、気密ユニット8内に第1の低吸収性ガスGAをフローさせる。そして、ステップ202において、濃度計11Aで計測される酸素、水蒸気等の吸収性ガスの濃度が所定値DA1（例えば5ppm）以下となった段階で、ステップ203に移行して、バルブV9を閉め、バルブV10を開けて、気密ユニット8内にフローさせる気体を第2の低吸収性ガスGB（希ガス）に切り換える。そして、ステップ204で計測される第1の低吸収性ガスGAの残留濃度が許容値DA2（例えば数%）以下になるまで、その第2の低吸収性ガスGBのフローを継続する。これによって、気密ユニット8内の気体は、高濃度の第2の低吸収性ガスGBによって置換され、気密ユニット8内の光路を通過する露光光の透過率が高く維持される。この状態でステップ205で露光が行われる。

【0045】

なお、第2の低吸収性ガスGBのフロー後の第1の低吸収性ガスGAの残留濃度に関しては、数%の残留があっても特に不都合は無いため、フロー時間だけの管理によって第2の低吸収性ガスGBのフローを終了することも可能である。このようにフロー時間だけの管理を行う場合には、濃度計11A、11Bに第1の低吸収性ガスGAの濃度の計測機能を持たせる必要が無いため、装置構成が簡素化される。

【0046】

ところで、上記ガスフローによるガス置換では、吸収性ガスの残留濃度を十分に低下させるために長時間を必要とする場合もある。これを解決するには、ガス置換に際し、始めに気密ユニット8の内部を真空に引き、そこへ低吸収性ガスGA、GBを充填する方法もある。勿論この場合には、各気密ユニット（気密ユニット2、3、レチクルステージ室4、投影光学系PLの鏡筒5、ウエハステージ室6）が、内部の真空と外部のほぼ大気圧との差圧に耐えられるような、強固な

構造である必要がある。

【0047】

このように、真空に引いてからガス置換を行う方法は、所要時間が短く、必要な低吸収性ガスの量も少なく済むというメリットがあるが、気密ユニット8内を真空に引く過程で、気密ユニット8内の各種構成物から不純物を含む脱ガスが生じ、発生した不純物がレンズ、ミラー等の光学部材の表面に付着して光学部材の表面に曇り物質が形成され、露光光の透過率を低下させてしまう恐れがある。

【0048】

そこで本例では、ガス置換を短時間に行うための動作として、その最初の減圧での気密ユニット8内の気圧を、各種構成物からの脱ガスが生じない程度の低真空にとどめ、光学部材の汚染を防止する方法を採用する。

具体的に、減圧を開始する前の気密ユニット8内の気圧を P_1 (P_1 はほぼ1気圧、即ち P_1 は900hPa～1100hPa程度である)として、図5のステップ211において気密ユニット8内を所定の気圧 P_2 (P_2 は P_1 より低い)まで減圧するために、図2のバルブ V_7 、 V_{11} 、 V_{12} を閉じ、バルブ V_{12} 、 V_1 、 V_3 を開けて、排気用の配管9Cの延長上の吸気装置7を作動させる。この際に、吸気能力を向上し、吸気装置7内の吸気機構からの発油等を抑制するために、配管9C上のバルブ V_3 の近傍に真空ポンプ(ドライポンプ)を更に設置して、この真空ポンプを用いて減圧を行っても良い。また、気密ユニット8内の気圧を計測する圧力計19を、バルブ V_{12} から気密ユニット8までの配管内、気密ユニット8からバルブ V_1 までの配管内、又は気密ユニット8の内部の任意の箇所に設置しておき、圧力計19で計測される気圧を制御装置17に供給する。制御装置17は、その気圧の計測値に基づいて減圧及び加圧の制御を行う。

【0049】

本例では、図4の実線の折れ線で示すように、気密ユニット8内の気圧を変化させる。図4において、横軸は経過時間 t 、縦軸は気密ユニット8内の気圧 P を示している。そして、ステップ211での減圧は、図4の時点 t_0 で開始されて、時点 t_1 で気密ユニット8内の気圧 P が所定の気圧 P_2 に達するまで行われる。その後、図2のバルブ V_3 を閉じ、減圧が停止される。その所定の気圧 P_2 と

は、各種構成物からの脱ガスが生じない程度の低真空の気圧であり、数値としては、50 Pa から 10 kPa 程度である。

【0050】

次に、図5のステップ212に移行して、図4の時点 t_2 において、図2のバルブV3を閉じて、バルブV10（又はV9）及びバルブV11を開き、気密ユニット8内に低吸収性ガスGB（又はGA）を供給し、気密ユニット8内にその低吸収性ガスを気圧P2より高い気圧P3まで充填する。気圧P3は気圧P1より低い気圧である。時点 t_3 で気密ユニット8の内部が気圧P3となつてから、バルブV10（又はV9）及びバルブV11を閉じ、吸収性ガスの充填を終了。それに続くステップ213において、ステップ211、212を所定回数であるm回（mは2以上の整数で、本例では $m=3$ ）繰り返したかどうかを判定し、m回に達していない場合にはステップ211に戻って、時点 t_4 において、再度バルブV3を開けて、気密ユニット8の内部を気圧P2まで減圧する（時点 t_5 ）。その後ステップ212で時点 t_6 から t_7 までに気密ユニット8の内部に低吸収性ガスを気圧P3まで充填する。

【0051】

その後、本例ではステップ211、212を時点 t_8 から t_{10} を超える時点まで繰り返して実行した後、ステップ214に移行して、最終的に気密ユニット8内に低吸収性ガスGB（又はGA）を、最初の気圧P1になるまで充填する。この結果、時点 t_{11} で気密ユニット8内が気圧P1となつてガス置換が完了する。その後、ステップ215で露光が行われる。その最終的に露光が行われる際の気圧P1は、通常は大気圧（ほぼ1気圧）とすることが望ましいが、真空紫外域でも F_2 レーザより短波長の光を露光光として使用する際には、ガスによる吸収を避けるために、大気圧よりも低めの気圧に設定することが望ましい。

【0052】

本方式では、気密ユニット8の内部を、高真空までは減圧しないため、内部構造物からの脱ガスの発生を防止できる。一方、低真空（気圧P2）までの減圧では、気密ユニット8の内部に吸収性ガスが残存してしまうが、本例ではその気圧P2までの減圧と、それより高い気圧P3までの低吸収性ガスの充填とをm回繰

り返すことにより、その吸収性ガスの残留濃度を、気圧比（＝ P_2/P_3 ）の m 乗（繰り返し回数のべき乗）で低減させることができる。

【0053】

ところで、上記の実施の形態では、図 2 において残留ガス用の濃度計 11A、11B が使用され、濃度計 11A、11B 内には酸素濃度計、水蒸気濃度計等のセンサ部が含まれている。そのセンサ部には、その構造上、減圧に耐えられないものも存在する。例えば、ポーラログラフ式酸素濃度計、及びジルコニア式酸素濃度計等は、減圧に耐えられない構造である。そこで、図 5 のステップ 211～214 のように減圧過程を経てガス置換を行う動作を実行する場合で、かつ減圧に耐えられないセンサ部を備えている場合には、ガス流路の主幹流路からバルブ等で分離可能な位置に濃度計 11A のセンサ部を設置する必要がある。

【0054】

図 3 はこのような設置方法を示す図であり、この図 3 の残留ガス用の濃度計 11A において、そこに流入する気体用の配管 113 と流出する気体用の配管 116 との間に 2 個の切り替え式バルブ V13、V14 が設けられ、両バルブ V13、V14 の間の一方の配管を、主幹流路 114 として、他方の配管を副流路 115 とするものである。そして、酸素濃度計、水蒸気濃度計、及び窒素濃度計を含む残留ガスのセンサ部 112 は、この副流路 115 上に設置する。

【0055】

この構成において、ガス置換に際して減圧を行う場合には、切り替え式バルブ V13、V14 により、主幹流路 114 を流入用の配管 113 と流出用の配管 116 とに連通させて、副流路 115 と流入用の配管 113 及び流出用の配管 116 との間を遮断する。即ち、副流路 115 を主幹流路 114 から分離して、残留ガスのセンサ部 112 が減圧されることを避ける。そして、ガス置換終了後には、切り替え式バルブ V13、V14 により、副流路 115 を流入用の配管 113 と流出用の配管 116 とに連通させて、図 2 の気密ユニット 8 から流れ込む気体中の残留ガス（吸収性ガス）の濃度を計測する。

【0056】

なお、残留ガスのセンサ部 112 の種類によっては、高濃度の残留ガスにさら

した場合、破損（例えば黄リン発光式の酸素センサ）又は感度劣化（例えばポーラログラフ式酸素濃度計、ジルコニア式酸素濃度計）が生じる物もある。そこで、減圧過程を経ない方式、即ちガスフローのみによるガス置換を行う装置でも、残留ガスの濃度計 11A の構成は、図 3 に示す例のように、残留ガスのセンサ部 112 を主幹流路 114 から分離可能としておくことが望ましい。これにより、ガス置換の初期に高濃度の残留ガスが残留ガスのセンサ部 112 に流れ込むことによる、破損又は感度劣化を防止できる。また、残留ガスのセンサ部 112 の副流路 115 のみを別途ガスフローにより置換できる構造としておくとなお良い。

【0057】

なお、前述のように、露光光の光路内に充填する気体としては、ヘリウムを始めとする希ガスが最適ではあるが、高価であることから、ガス置換が必要な露光装置内の各気密ユニット（気密ユニット 2、3、レチクルステージ室 4、投影光学系 PL の鏡筒 5、ウエハステージ室 6）のうち、性能に特に影響を与える気密ユニットについてのみヘリウム等の希ガスでの置換を行い、あまり影響を与えないユニットについては安価な窒素での置換を行うこともできる。例えば、投影光学系 PL の鏡筒 5 内は、圧力の揺らぎや温度変動に伴うガスの屈折率変化、露光光の吸収に伴うレンズ部材の温度上昇が結像性能に与える影響が大きいので、ヘリウムでの置換を行うが、ビームマッチングユニット BMU を囲む気密ユニット 2、及び照明光学系 ILU を囲む気密ユニット 3 についてはこれらの影響に鈍感であるので、窒素で置換をするとしても良い。

【0058】

また、レチクルステージ室 4、ウエハステージ室 6 に関しては、結像光路の光路長が短く揺らぎの影響を受けにくいので、置換ガスを窒素としても良い。ただし、不図示の位置計測用の干渉計の計測結果への圧力の揺らぎ、及び温度の揺らぎの悪影響を避けるためにヘリウム等の希ガスで置換をする方が好ましい。

また、上記の実施の形態では、第 1 の低吸収性ガス GA として窒素を使用し、第 2 の低吸収性ガス GB として希ガスを使用しているが、第 1 の低吸収性ガス GA として希ガス中でも比較的屈折率が大きく熱伝導率の低い気体であるアルゴン等を使用して、第 2 の低吸収性ガス GB としてそれ以外の希ガス（ヘリウムやネ

オン等)を使用するようにしてもよい。

【0059】

以上の過程により、気密ユニット8内の吸収性ガスの濃度が、所定値以下に到達すると、露光光の透過率が向上且つ安定し、露光装置は露光動作に入ることができる。

ただし、気密ユニット8内の構造物表面(金属表面やレンズ、ミラーの表面、電気部品用基板等)からは、真空引きを行う際に比べれば極く僅かではあるが、継続的に不純物ガスが発生(脱離)し、気密ユニット8内の光路上の気体を汚染し、露光光の透過率を低下させていく。

【0060】

そこで、これらの不純物を継続的に除去するために、光路上の気体の不純物を除去しつつ循環させる必要がある。このガス純度維持のためのガスフローにも、上記のように配管9A、9Bから供給されるガスを使用し続けても良いが、それでは大量のガスを消費するために、運転コストが上昇する。そこで、以下の実施の形態では、気密ユニット8内の気体をガス純度を維持しながら循環させる機構につき説明する。

【0061】

図2中のガス流路のうち、バルブV2から送風ポンプ12を経てバルブV7までの機構は、このガス循環に使用する機構であり、以下詳細に説明する。

気密ユニット8内の吸収性ガスの濃度が、所定値以下に到達した後は、バルブV9、V10、V11、V3、V4、V5、V6、V8を閉じ、バルブV2、V7を開けて、気密ユニット8の内部の気体の循環を開始する。気密ユニット8から排気された気体は、残留ガスの濃度計11A、バルブV2を経て送風ポンプ12により加圧され、HEPAフィルタ(high efficiency particulate air-filter)、又はULPAフィルタ(ultra low penetration air-filter)等の防塵フィルタ13で塵等が除去された後、セラミックスや酸化金属粉末等からなる有機物除去フィルタ、及びアンモニア除去フィルタ等の化学物質除去用のケミカルフィルタ14により純化される。そして、ケミカルフィルタ14を通過した気体は、金属粉末等からなる酸素除去フィルタ及び水蒸気除去フィルタを含む吸収性ガ

ス除去フィルタ 15 にて酸素、及び水蒸気がそれぞれ ppm オーダーまで除去された後、残留ガスの濃度計 11B で残留ガスの濃度がチェックされる。濃度計 11B を通過した気体は、バルブ V7 を経て、温度コントローラ 16 で温度制御された後、バルブ V12 を経て気密ユニット 8 に給気される。防塵フィルタ 13 から吸収性ガス除去フィルタ 15 までが本発明の不純物除去フィルタに対応する。

【0062】

本例では、気体を加圧する送風ポンプ 12 からは発油の恐れがあるので、その配置は有機物除去フィルタを含むケミカルフィルタ 14 よりも上流に配置している。また、ケミカルフィルタ 14（有機物除去フィルタ）は酸素等を発生する恐れがあるので、吸収性ガス除去フィルタ 15 よりも上流に設置している。

以上のガス循環は、必ずしもすべての気体を 100% 循環させる必要がある訳ではなく、循環する気体から或る程度の量の気体を排気管 9C に排気し、その分のガスを配管 9A、9B より補給することもできる。

【0063】

なお、このようなガス循環機構（バルブ V2 から送風ポンプ 12 を経てバルブ V7 までの機構）も内部に多量の気体を有し、また、各種フィルタ内にも、多量の気体が残存するので、気密ユニット 8 のガス置換の完了と同時に、気密ユニット 8 にガス循環機構を接続し、内気循環を行うためには、予め、ガス循環機構内の気体についても低吸収性ガスで置換を行っておく必要がある。

【0064】

バルブ V5、V6 につながる配管 9A、9B、及びバルブ V8 が装着された排気用の配管（配管 9C に接続されている）はそのガス循環機構内の気体を置換するための設備である。ただし、ガス循環機構内のガス置換の方法に関しては、バルブ V5、V6、V4、V8、V7 を、それぞれバルブ V9、V10、V11、V3、V2 に対応させて見ると、上記で説明した気密ユニット 8 内のガス置換と同様の各種の方法で行うことができるので、詳細な説明は省略する。

【0065】

また、残留ガスの濃度計 11B の構造も図 3 に示した残留ガスの濃度計 11A と同様にすることが望ましい。

以上のガス置換は、投影露光装置の半導体製造工場等での組立調整完了時のみに必要なだけでなく、例えば稼働中の投影露光装置のメンテナンス後の復旧に際しても必要である。特にウエハステージ室6内や、レチクルステージ室4内は、メンテナンスの必要頻度が高く、メンテナンス後の早期復旧は、装置の稼働率を高めるために極めて重要である。

【0066】

そこで、本例では、メンテナンスのために各気密ユニット（気密ユニット2，3～ウエハステージ室6）のガス置換を中断する際に、外気（空気）が侵入する空間を可能な限り限定し、メンテナンス後の復帰（再ガス置換）が短時間で済む構成とした。

即ち、図2において、気密ユニット8の内部の装置（図1のビームマッチングユニットBMU～ウエハステージ系WST）のメンテナンスを行う際には、ガス置換ユニットSと気密ユニット8とを接続する給気管Si及び排気管Se中のバルブV12，V1を閉じ、メンテナンス時に気密ユニット8内に流れ込む空気が、ガス置換ユニットS内には流入しないようにする。そしてメンテナンス終了時には、前述のガス置換と同様の方法で、気密ユニット8をガス置換する。これにより、空気がガス置換ユニットS（ガス循環機構）内まで流入することを防止できるので、復帰に要する時間が短縮される。

【0067】

また、ガス循環機構側をメンテナンスする必要も生じるが、この場合にも、メンテナンス時にバルブV2，V7等を閉じて、混入する空気の気密ユニット8中への侵入を防ぐことで、復帰に要する時間の短縮が図れる。

また、ガス循環機構内の送風ポンプ12や各種フィルタ13，14，15間にバルブや低吸収性ガスの給気及び排気用の配管を設置し、それぞれの部分を独立してガス置換可能な構成としておいてもよい。これによって、メンテナンス、又は部品交換時の復帰時間を一層短縮することも可能である。

【0068】

次に、投影露光装置が設置される工場内で、電源供給が遮断された場合、低吸収性ガスの供給が停止された場合、低吸収性ガスの純度が低下した場合、又は地

震等の災害が発生した場合には、上記ガスの循環を継続することにより、かえって装置内の低吸収性ガスの純度を低下させてしまう恐れがある。

そこで、これらの緊急事態の発生に同期して、バルブV12, V1, V2, V4, V7, V8等を閉め、内部の気体を各部内に封止することが望ましい。具体的には、不図示の電源モニタ、配管9A, 9Bに設置した圧力計、流量計及び不純物濃度計、工場内の火災警報機、地震計等に連動して、各バルブを閉じる機構を設けるとよい。

【0069】

なお、以上の実施の形態で述べたバルブの開閉は、全て露光装置の制御装置17からの指令に基づいて、自動で行われるものであり、各バルブの動作シーケンスも主制御系18のプログラムによるものであることは言うまでもない。

また、上記の実施の形態の露光装置では、光路を含む空間内の気体を、酸素等の吸収性ガスの残留濃度が数ppm以下程度となるように、低吸収性ガスで置換する必要があるため、使用する低吸収性ガスに含まれる酸素等の吸収性ガスの濃度は、1ppm以下程度には収められている必要がある。したがって、露光装置が設置される工場で、工場配管により供給される低吸収性ガスがこの条件を満たしていない場合には、工場配管と供給用の配管9A, 9Bとの間に酸素除去フィルタ、水蒸気除去フィルタ等のガス純化器を設置する必要がある。

【0070】

また、上記の実施の形態において、例えば気密ユニット8の内部の構造材料の表面積が大きいほど、付着している吸光物質の分子数は多くなるので、その表面積が小さくなるように光路空間は微細な構造を持たないように設計するのがよい。また、同様の理由から、機械研磨、電解研磨、バフ研磨、化学研磨、又はGBB (Glass Bead Blasting) といった方法によって研磨し、構造材料の表面粗さを低減しておくのが好ましい。これらの処理を施した上で、超音波洗浄、クリーンドライエア等の流体の吹き付け、真空加熱脱ガス（ベーキング）などの手法によって、回路パターンの露光前に構造材料表面を洗浄にしておき、構造材料表面からの脱ガス量を低減しておくような工夫をしておくといよい。

【0071】

また、光路空間中に存在する電線被覆物質やシール材（Ｏリング等）、接着剤等から、炭化水素、ハロゲン化物等の吸光物質が放出されることも知られている。上記の実施の形態においては、炭化水素やハロゲン化物を含む電線被覆物質やシール材（Ｏリング等）、接着剤等を光路空間中に可能な限り設置しない、又は放出ガスの少ない素材を利用する、などの対処を行い、根本的に吸光物質の発生量を抑制しておけば、その水分子に対する処理と同様に、本発明の効果がより一層得られることになる。

【0072】

また、図1において気密ユニット2からウエハステージ室6を構成する筐体（筒状体等も可）や、ヘリウムガス等を供給する配管は、不純物ガス（脱ガス）の少ない材料、例えばステンレス鋼（更にこの内部を酸化して酸化クロム等を形成しておいてもよい）、四フッ化エチレン、テトラフルオロエチレンーテルフルオロ（アルキルビニルエーテル）、又はテトラフルオロエチレンーヘキサフルオロプロペン共重合体等の各種ポリマーで形成することが望ましい。

【0073】

更に、各筐体内の駆動機構（レチクルブラインドやステージ等）などに電力を供給するケーブルなども、同様に上述した不純物ガス（脱ガス）の少ない材料で被覆することが望ましい。

また、上記の実施の形態において、図1の照明光学系ILUを構成する複数の光学素子、又は投影光学系PLを構成する複数の光学素子の間の空間をそれぞれ密封されたレンズ室（気密室に対応する）として、これらのレンズ室毎にガス置換ユニットからの給気管Si及び排気管Seを設けて、レンズ室毎に独立に低吸収性ガスによる置換を行うようにしてもよい。

【0074】

更に、図1の照明光学系ILUを囲む気密ユニット3、レチクルステージ室4、投影光学系PLの鏡筒5の内部の空間、及び投影光学系PLとウエハ61との間の空間（ウエハステージ室6）においては、吸光物質の濃度管理を互いに異なる許容濃度で行ってもよい。その際、レチクルステージ室4やウエハステージ室6ではステージ等の可動機構を備えているため、レチクルステージ室4やウエハ

ステージ室 6 では、気密ユニット 3 及び投影光学系 P L の内部における許容濃度よりも高い許容濃度で吸光物質の管理を行うようにしてもよい。

【 0 0 7 5 】

また、レチクルステージ室 4 やウエハステージ室 6 にはステージの位置計測を行うためのレーザ干渉計が設けられている。この場合、そのレーザ干渉計の計測用の光ビームの光路中で、低吸収性ガスの濃度が変化すると、光路の揺らぎの要因となる可能性がある。そこで、その光路中に低吸収性ガスの濃度センサを配置し、この計測値に基づいてその光路近傍の低吸収性ガスの濃度管理を行うことが望ましい。

【 0 0 7 6 】

なお、本発明は投影露光装置のみならず、プロキシミティ方式の露光装置やコンタクト方式の露光装置等にも適用できることは明らかである。

また、上記の実施の形態では、投影光学系 P L として屈折系が使用されているが、投影光学系 P L としては、反射系又は反射屈折系を使用してもよい。特に、投影光学系 P L として、本件出願人による特願平 1 0 - 3 7 0 1 4 3 号に開示されているように、屈折系とそれぞれ光軸近傍に開口を有する 2 枚の反射鏡とを含む反射屈折系を使用した場合には、屈折系と同様に直筒型に構成できるため、その内部の低吸収性ガスによる置換を効率的に行うことができる。

【 0 0 7 7 】

また、上記の実施の形態の投影露光装置は、照明光学系や投影光学系の調整を行うと共に、各構成要素を、電氣的、機械的又は光学的に連結して組み上げられる。更に、図 1 において、ビームマッチングユニット B M U 、照明光学系 I L U 、レチクルステージ系 R S T 、及びウエハステージ系 W S T をそれぞれ囲むように気密ユニット 2 、気密ユニット 3 、レチクルステージ室 4 、及びウエハステージ室 6 を組み立て、投影光学系 P L の鏡筒 5 の内部を気密化する。これと並行して、ガス置換ユニット S 2 ~ S 6 等を組み立てた後、ガス置換ユニット S 2 ~ S 6 と対応する気密ユニットとの間に給気管 S i n (n = 2 ~ 6) 及び排気管 S e n を接続し、ガス置換ユニット S 2 ~ S 6 に配管 9 A , 9 B , 9 C 1 , 9 C 2 を接続することによって、吸光物質を含む気体を低吸収性ガスで置換するためのシ

ステムが組み上げられる。この場合の作業は温度管理が行われたクリーンルーム内で行うことが望ましい。

【0078】

そして、上記のように露光が行われたウエハが、現像工程、パターン形成工程、ボンディング工程、パッケージング工程等を経ることによって、半導体素子等のデバイスが製造される。更に、本発明は半導体デバイスのみならず、液晶表示素子やプラズマディスプレイ等の表示素子、更には薄膜磁気ヘッド等を製造する場合にも適用することができる。

【0079】

なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【0080】

【発明の効果】

本発明の第1の露光方法によれば、露光ビームの少なくとも一部の光路を含む空間内の気体をその露光ビームが透過する気体で置換する場合に、その空間の周囲から発生する脱ガス等を少なくできるため、その置換を安定に行うことができる。従って、特に真空紫外域の波長の光を使用する露光装置において、その光路を含む空間を効率的に低吸収性ガスで置換することが可能になり、露光ビームに対する吸収を抑制することが可能となり、十分な露光光パワーが得られる。

【0081】

また、本発明の第2の露光方法によれば、露光ビームの光路を含む空間内の気体を予め第1の気体で置換した後に、第2の気体で置換することによって、例えば高性能な第2の気体の消費量を減らすことができる。従って、ガス置換に要する運転コストを低減することが可能となる。

また、本発明の露光装置によれば、上記の本発明の露光方法を容易、又は効率的に実施できるようになる。

【0082】

そして、本発明のデバイス製造方法によれば、極めて短波長の露光ビームの使用によって極めて微細な回路パターンを備えたデバイスを製造できると共に、露

光ビームの強度を高く維持できるために、スループットが向上する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態の一例で使用される投影露光装置を示す概略構成図である。

【図 2】 図 1 中の代表的なガス置換ユニット S 及び対応する気密ユニット 8 を示す構成図である。

【図 3】 図 2 中の濃度計 1 1 A（又は濃度計 1 1 B）の構成例を示す図である。

【図 4】 本発明の実施の形態において、減圧工程と低吸収性ガスの充填工程とを繰り返す場合の気密ユニット内の気圧変化の状態を示す図である。

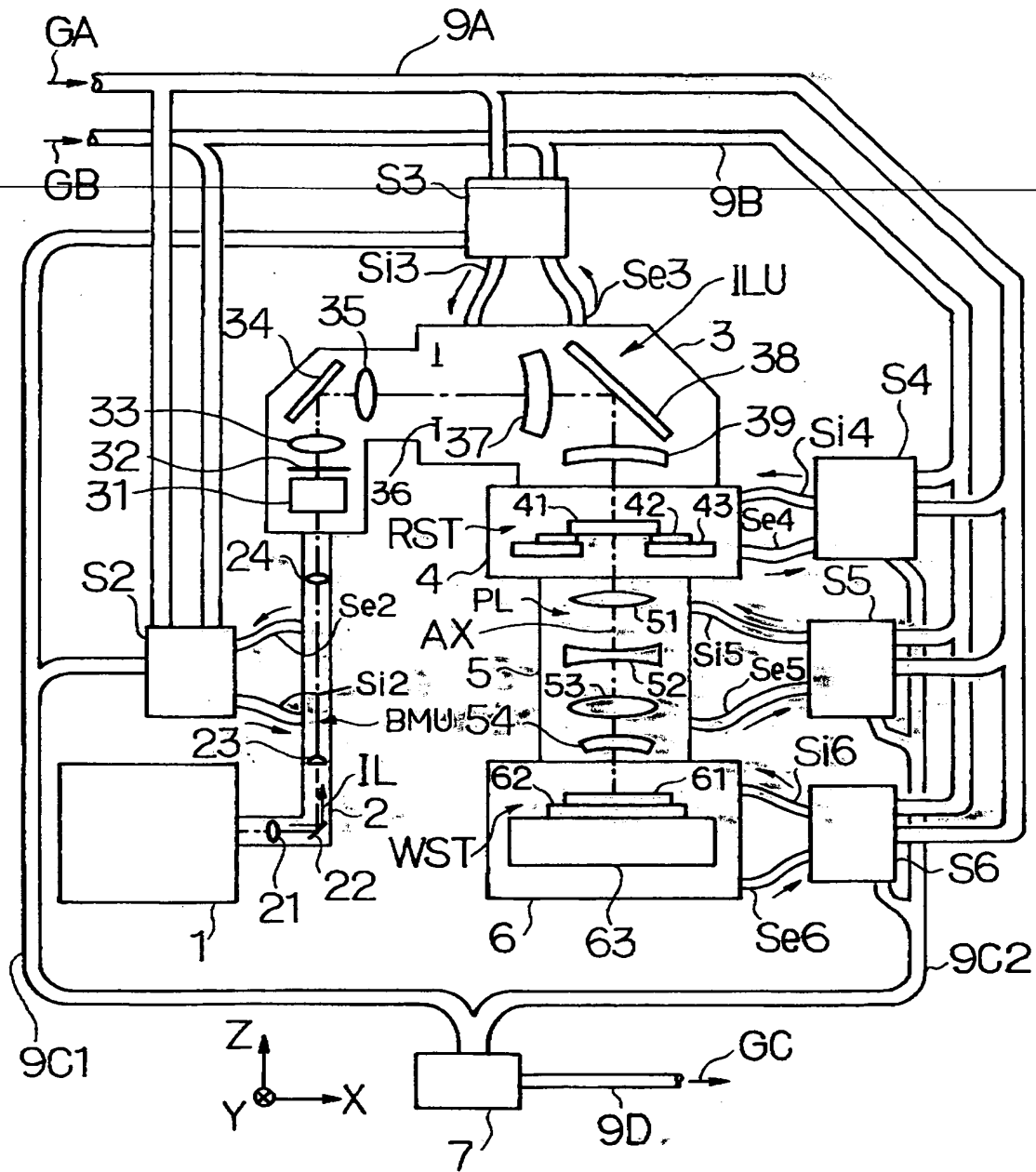
【図 5】 本発明の実施の形態における気密ユニットのガス置換動作を示すフローチャートである。

【符号の説明】

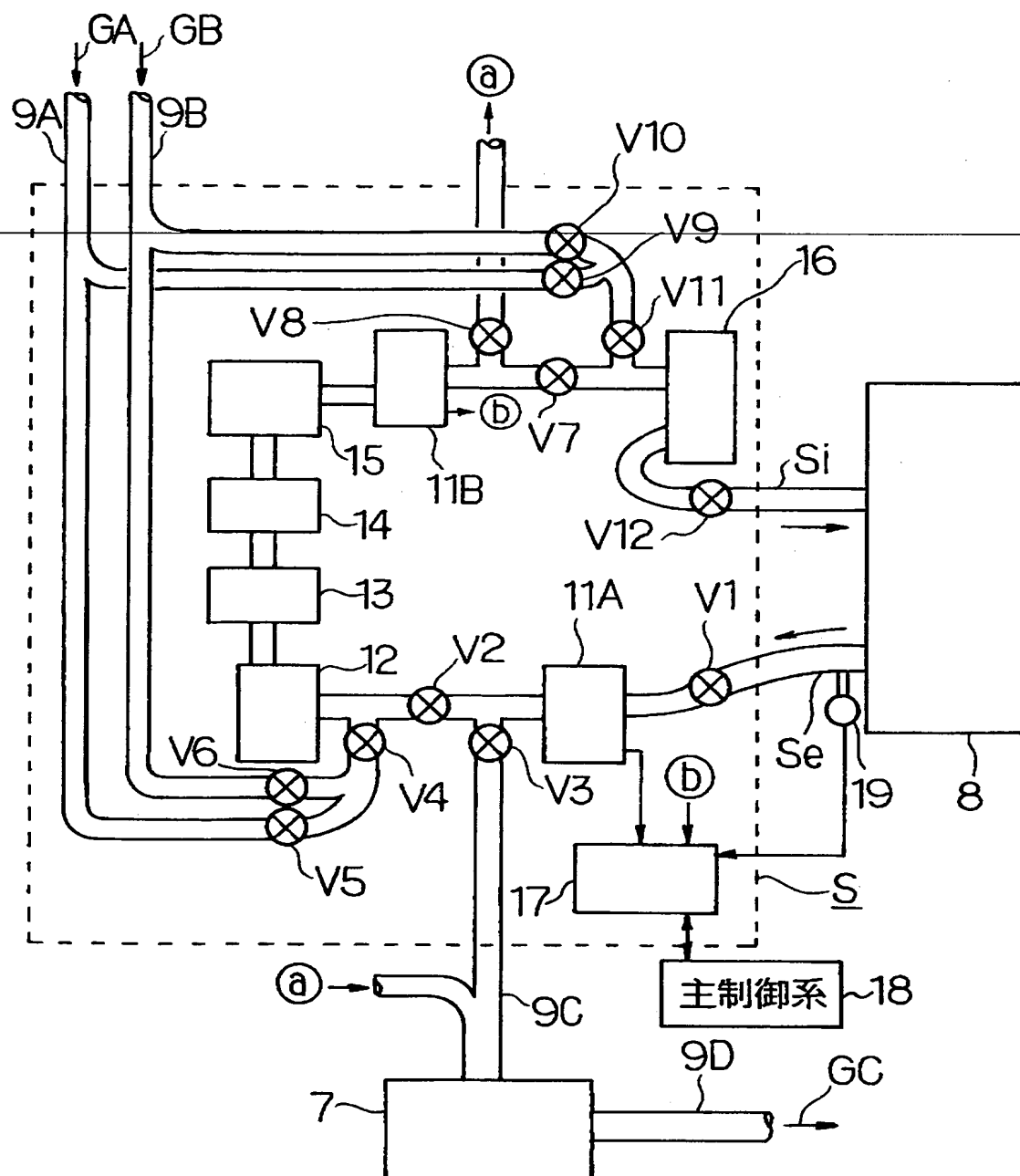
1…露光光源、BMU…ビームマッチングユニット、ILU…照明光学系、RST…レチクルステージ系、PL…投影光学系、WST…ウエハステージ系、2, 3…気密ユニット、4…レチクルステージ室、5…投影光学系 PL の鏡筒、6…ウエハステージ室、7…吸気装置、S 2～S 6, S…ガス置換ユニット、8…気密ユニット、1 1 A, 1 1 B…残留ガス用の濃度計、1 2…送風ポンプ、1 3…防塵フィルタ、1 4…ケミカルフィルタ、1 5…吸収性ガス除去フィルタ、1 6…温度コントローラ、1 7…制御装置

【書類名】 図面

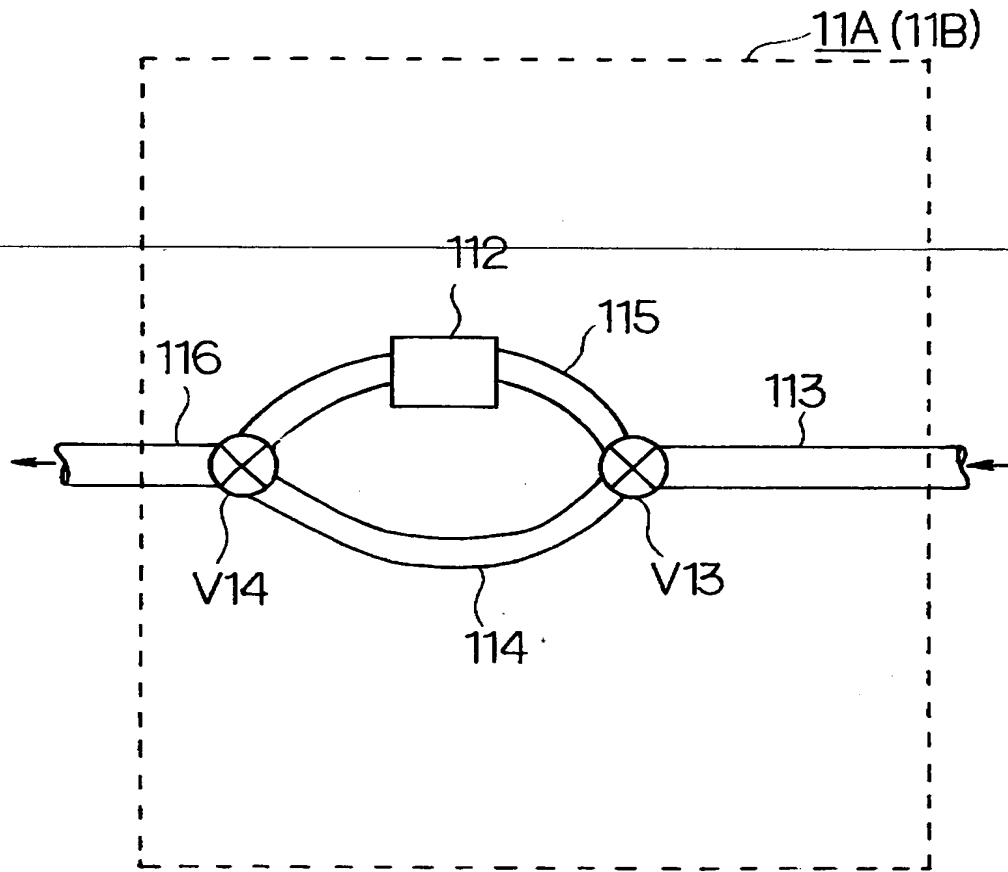
【図 1】



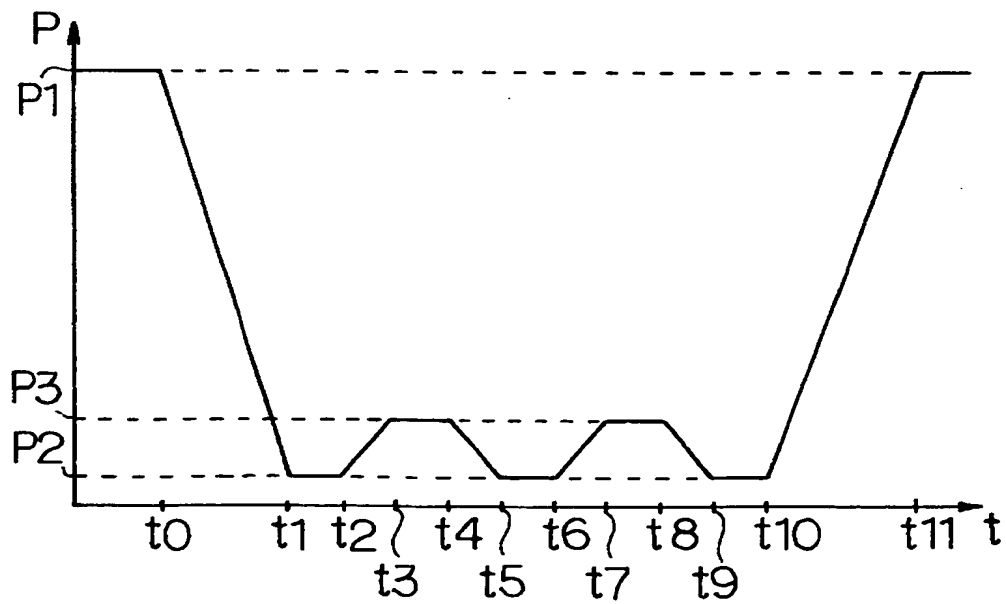
【图 2】



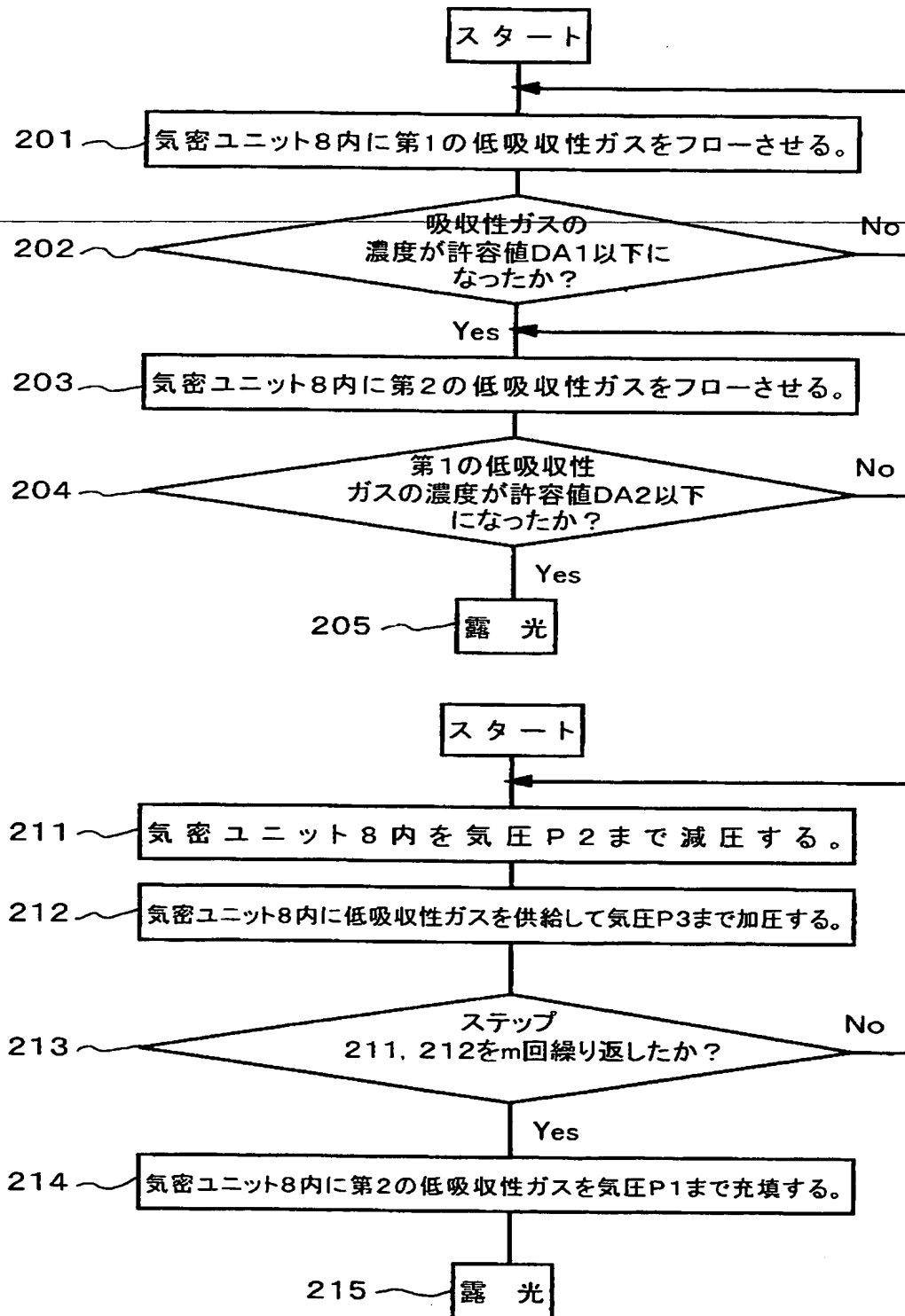
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 露光ビームの少なくとも一部の光路上の気体をその露光ビームが透過する気体で置換する場合に、その置換を安定に、かつ少ない運転コストで行う。

【解決手段】 露光装置のビームマッチングユニット、照明光学系、レチクルステージ系、投影光学系、又はウエハステージ系等を囲む気密ユニット 8 内の気体をガス置換ユニット S によって露光ビームが透過する低吸収性ガス G A, G B で置換する。この際に、気密ユニット 8 内の気体を吸気装置 7 によって大気圧よりも低い第 1 の気圧まで減圧する工程と、その気密ユニット 8 内に低吸収性ガス G A, G B をその第 1 の気圧と大気圧との間の気圧まで充填する工程とを所定回数繰り返した後、その気密ユニット 8 内に低吸収性ガス G A, G B をほぼ大気圧付近まで充填する。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名	株式会社ニコン

THIS PAGE BLANK (USPTO)